

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 08046290
PUBLICATION DATE : 16-02-96

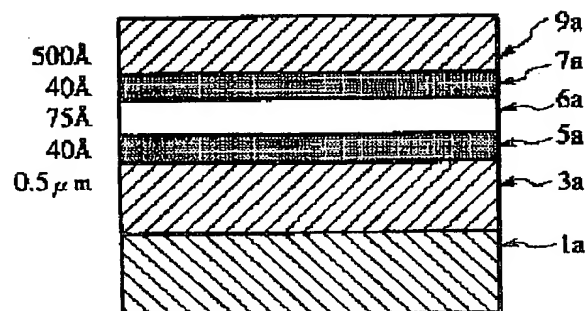
APPLICATION DATE : 04-08-94
APPLICATION NUMBER : 06183160

APPLICANT : FUJITSU LTD;

INVENTOR : OTSUKA NOBUYUKI;

INT.CL. : H01S 3/18

TITLE : PHOTO-SEMICONDUCTOR ELEMENT



ABSTRACT : PURPOSE: To grow an active layer having an even composition and excellent crystallizability by a method wherein spacer layers avoiding the In-diffusion is provided so as to have in-plane lattice constant larger than that of a substrate as well as in contact with one main surface of an active layer using In as a constituent element.

CONSTITUTION: GaAs spacer layers 5a, 7a 40^{nm} thick are provided between In 0.05 Ga0.95 As clad layers 3a, 9a and an active layer 6a provided on an InGaAs substrate 1a. Accordingly, by avoiding the diffusion of In component in the active layer 6a as the cause of making the composition of the active layer 6a even, the active layer 6a having the even composition and excellent crystallinity compared with those of the clad layers 3a, 9a having small lattice constant and large forbidden band width can be grown. Through these procedures, the semiconductor laser in high light emitting efficiency having excellent temperature characteristics 1μm band semiconductor laser can be obtained.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-46290

(43) 公開日 平成8年(1996)2月16日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平6-183160

(22) 出願日 平成6年(1994)8月4日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72) 発明者 向井 剛輝

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72) 発明者 大塚 信幸

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 柏谷 昭司 (外1名)

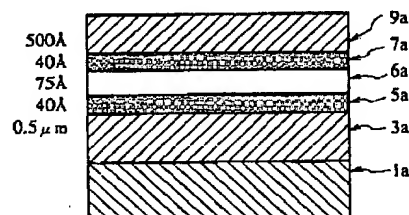
(54) 【発明の名称】 光半導体素子

(57) 【要約】

【目的】 光半導体素子に関し、 $1\mu\text{m}$ 帯域でのレーザ発振に十分な発光強度を得ると共に、広い温度範囲で発振しきい値等の初期特性が保たれる温度特性の優れた光半導体素子を得る。

【構成】 III-V族化合物半導体基板1a上に設けたりーく電流を防止するのに十分な大きさの禁制帯幅を有するクラッド層3aと、半導体基板の格子定数よりも大きな面内格子定数を有すると共にInを構成元素とする活性層6aとの間にInの拡散を防止するスペーサ層5aを設けて光半導体素子を構成する。

本発明の原理的構成を示す光半導体素子の断面図



1a : In_{0.53}Ga_{0.47}As基板

3a : In_{0.53}Ga_{0.47}Asクラッド層

5a : GaAsスペーサ層

6a : 短周期超格子活性層

7a : GaAsスペーサ層

9a : In_{0.53}Ga_{0.47}Asクラッド層

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 III-V族化合物半導体基板上にIII-V族化合物半導体混晶を設けた光半導体素子において、基板の格子定数よりも大きな面内格子定数を有すると共にInを構成元素とする活性層の少なくとも一方の主面に接するように、Inの拡散を防止するスペーサ層を設けたことを特徴とする光半導体素子。

【請求項2】 上記スペーサ層を上記活性層の両方の主面に接して設けたことを特徴とする請求項1記載の光半導体素子。

【請求項3】 上記スペーサ層とクラッド層との間に光ガイド層を設けたことを特徴とする請求項1又は2記載の光半導体素子。

【請求項4】 上記スペーサ層が20Å以上の厚さのGaAsであることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の光半導体素子。

【請求項5】 上記半導体基板が $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 \leq x < 1$)であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の光半導体素子。

【請求項6】 上記活性層の発光波長が1μm帯域であることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の光半導体素子。

【請求項7】 上記活性層が $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ 混晶 ($0 < y < 1$)であることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載の光半導体素子。

【請求項8】 上記活性層がInAs層とGaAs層とを交互に堆積させた短周期超格子成長層であることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載の光半導体素子。

【請求項9】 上記交互に設けるInAs層とGaAs層の一層の厚さが各1モノレイヤーであることを特徴とする請求項8記載の光半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は光半導体素子に関するものであり、特に、発光効率がよく、且つ、広い温度範囲で発振しきい値等の初期値が保たれる温度特性の優れた格子歪を有する活性層を用いた1μm帯光通信用に用いられる半導体レーザに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、光通信のためには主に1μm帯の光半導体素子が使用されており、格子歪を有する活性層を用いることにより狭スペクトル線幅で低しきい値動作する半導体レーザが得られている。

【0003】 近年では更に、発光効率がよく、且つ、大きな温度変化にも追従できて温度条件の管理が不要な半導体レーザ、即ち、広い温度範囲で発振しきい値等の初期値が保たれる温度特性の優れた半導体レーザが要求されている。

【0004】 半導体レーザの発光効率を高めるためには

2

活性層の結晶性を改善する必要があり、また、半導体レーザの温度特性を向上させるためには、温度の上昇に伴い増加する発光に関与しないリーク電流を低減させる必要があり、これを実現するために半導体基板としてGaAsを用いて1μm帯の半導体レーザを作成することが提案されている。

【0005】 GaAsは、従来の1μm帯の半導体レーザの基板として用いられていたInPに比べて小さな格子定数を持っており、又、小さな格子定数の半導体材料は一般的にはより大きな禁制帯幅を有しているため、GaAsを基板として用いることにより、より大きな禁制帯幅を有する半導体材料をクラッド層として使用できるため、このクラッド層が発光に寄与せずに活性層から漏れ出るキャリアに対する障壁となり、リーク電流が低減する。

【0006】 また、他の提案としては、基板としてGaAsの代わりにInGaAsを用いるものがあり、この場合、InGaAsの格子定数はGaAsよりも大きいことにより、活性層にかかる歪量が低減されることになり、活性層の結晶性が向上する。

【0007】 図8は、GaAs基板或いはInGaAs基板を用いた従来提案されている1μm帯の半導体レーザを示したものであり、GaAs或いはInGaAs基板1d上にn型AlGaAsクラッド層3d、n型InGaAsP光ガイド層4c、InGaAs活性層6d、p型InGaAsP光ガイド層8c、及び、p型AlGaAsクラッド層9dを成長させた積層構造からなる。

【0008】 この場合、AlGaAsクラッド層3d、9dは1μm帯のInGaAs活性層6dに比べて禁制帯幅が十分に大きいためリーク電流が低減し、比較的大きな温度変化にも追従できる優れた温度特性が期待される。

【0009】 さらに、基板としてGaAsを用いる際の他の提案としては、活性層としてInAsとGaAsを数モノレイヤーずつ交互に結晶成長させた短周期超格子成長層を用いるものがあり、InGaAs混晶の弾性限界を短周期超格子構造を用いて越えることにより結晶性を改善しInGaAs混晶では得られなかった1.3μmのレーザ発振の実現が期待されるものである。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、基板にGaAsを用いた場合には、基板と活性層との格子定数の差に基づき活性層に極めて大きな応力がかかり高歪の活性層になるが、高歪の層の結晶成長は困難であるため結晶性の優れた活性層を得ることができず、期待された特性が得られなかった。

【0011】 また、基板としてInGaAsを用いて歪を小さくしようとしても、十分に大きな格子定数を有する基板（即ち、In比が0.2以上のInGaAs基板）で結晶性の優れたものが作成されていないため、結

晶性の優れた活性層を得ることができなかった。

【0012】さらに、活性層にInAs/GaAs短周期超格子成長層を用いた場合には活性層周辺の結晶性が十分でないためレーザ発振に必要な発光強度が未だ得られていない。

【0013】これらの場合に共通する欠点は、温度特性を改善するためにクラッド層として大きな禁制帯幅を有する半導体を用いた場合に、得られた活性層における組成、特に、Inの分布が均一ではなく全体として均一な組成を有するInGaAs活性層が得られず、これがGaAs基板或いはInGaAs基板を用いて1μm帯の半導体レーザを実現することの障害になっていた。

【0014】したがって、本発明は活性層の組成が不均一になる原因である活性層中のIn成分の拡散を防止することにより、小さな格子定数を有し且つ大きな禁制帯幅を有するクラッド層に対して、結晶性の優れた均一な組成を有する活性層を成長させ、それにより発光効率が高く、且つ、温度特性の優れた1μm帯の半導体レーザを得ることを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明の光半導体素子は、III-V族化合物半導体基板上にIII-V族化合物半導体混晶を設けた光半導体素子において、基板の格子定数よりも大きな面内格子定数を有すると共にInを構成元素とする活性層の少なくとも一方の主面に接するように、Inの拡散を防止するスペーサ層を設けたことを特徴とする。

【0016】また、本発明は、InGaAs活性層、或いは、InAs層とGaAs層とを交互に堆積させた短周期超格子成長層活性層に対して、半導体基板としてInGaAs混晶を用いたことを特徴とするものである。

【0017】

【作用】本発明のスペーサ層の作用及びInGaAs混晶半導体基板の作用を図1乃至図5を用いて説明する。図1及び図2(A)～(D)はGaAsスペーサ層の効果及びInGaAs基板の効果を確認するために作成した試料1～5の断面図であり、各試料における活性層はInAs層とGaAs層のモノレイヤーを交互に12回結晶成長させた短周期超格子成長層にしている。

【0018】図2(A)及び(B)は従来のGaAs基板を用いた半導体レーザに対応するものであり、(A)はGaAs基板1b上に設けたGaAsクラッド層3b、活性層6a、GaAsクラッド層9bからなり(試料1)、(B)はGaAsクラッド層3b、9bの代わりにバッファ効果を有するIn_{0.05}Ga_{0.95}As層3a、9aをクラッド層として用いたものである(試料2)。

【0019】図2(C)及び(D)は従来のInGaAs基板を用いた半導体レーザに対応するものであり、(C)はInGaAs基板1a上に設けたGaAsクラ

ッド層3b、活性層6a、GaAsクラッド層9bからなり(試料3)、(D)はGaAsクラッド層3b、9bの代わりにIn_{0.05}Ga_{0.95}As層3a、9aをクラッド層として用いたものである(試料4)。

【0020】図1は本発明の半導体レーザに対応する原理的構成を示すものであり、InGaAs基板1a上に設けたIn_{0.05}Ga_{0.95}Asクラッド層3a、9aと活性層6aとの間に40ÅのGaAsスペーサ層5a、7aを設けている(試料5)。図では活性層の上下にスペーサを設けているが、どちらか一方のみに設けても十分な効果があるものである。

【0021】なお、上記試料1～5においては基板側のクラッド層、活性層、及び、基板とは反対側のクラッド層の厚さは、それぞれ0.5μm、75Å、及び、500Åであり、フォトルミネッセンス強度を調べるために、実際の半導体レーザに比べて基板とは反対側の上部クラッド層の厚さを薄く形成している。

【0022】図3は図1及び図2に示した試料1乃至5についてX線回折測定によって明らかになった(224)面での逆格子マッピングであり、別々に測定した5つの試料の結果を重ねて表示してある。

【0023】図3において、横軸はX-Y方向、即ち、(h h 0)方向の格子定数の逆数を表し、縦軸はZ軸方向、即ち、(0 0 h)方向の格子定数の逆数を表しており、InGaAsの場合にはIn含有量が多い方が格子定数は大きいので、縦軸の小さい領域、即ち、Z軸方向の格子定数の大きな領域はIn含有量が多いことを示している。

【0024】一方、試料1～3においては基板或いはクラッド層はGaAsかIn_{0.05}Ga_{0.95}Asからなり、In含有量は少ないので、結局、図3の下部の領域は活性層のIn含有量を表していることになる。

【0025】試料1と試料2、或いは、試料3と試料4とを比較すると、それぞれ試料1と試料3の方がZ軸の小さい側にあるので、同じ基板を用いた場合には、クラッド層としてGaAsを用いた方が、即ち、活性層とGaAs層とが接していた方が活性層のInの含有量が多いことが分かり、また、試料4と試料5とを比較することにより同様にGaAsスペーサ層がある場合の方が活性層のInの含有量が多いことが分かる。

【0026】また、図4は試料1乃至5について図3の逆格子マッピングから明らかになった活性層のX-Y平面の面内格子定数と室温におけるフォトルミネッセンスの強度との相関関係をプロットしたものであり、試料4と試料5との比較からは、GaAsスペーサ層を用いることにより、フォトルミネッセンスの強度が向上する効果があることが明らかである。

【0027】さらに、図5は、GaAs基板に対してInGaAsクラッド層を用いた場合のクラッド層の組成の効果、即ち、基板とクラッド層との格子不整合量に基

づく緩和量とフォトルミネッセンス強度との関係、及び、GaAsスペーサ層の厚さとフォトルミネッセンス強度の相関関係を表すものであり、いずれのバッファ層に関してもスペーサ層の厚さを20Å以上にした場合にフォトルミネッセンス強度が向上する。

【0028】なお、この場合、スペーサ層を厚くしすぎるとフォトルミネッセンス強度が減少する。これは、クラッド層等において光により励起されたキャリアに対してスペーサ層が障壁として作用するためキャリアが活性層まで到達しないためであると考えられるが、レーザ動作には格別の支障がないものである。

【0029】したがって、上記の実験の結果からは、活性層に接するように設けられたスペーサ層の作用によりInの拡散が防止され、In含有量の多い良質で、且つ、光学的特性の優れた活性層が得られることが分かる。

【0030】次に、InGaAs混晶半導体基板の作用を説明すると、図3において、試料3のInGaAs混晶半導体基板上に設けたGaAsクラッド層は図示してあるGaAs基板より横軸方向が小さな方向にあるので、X-Y平面の面内格子定数が大きくなっていること、即ち、緩和を起こしていることを示している。

【0031】また、図4を参照すると、試料1と試料3との対比からはInGaAs基板を用いることにより、フォトルミネッセンスの強度が向上することが分かる。したがって、InGaAs混晶半導体基板を用いることによって、大きな禁制帯幅を有するクラッド層を用いた場合にも、緩和効果により結晶性の優れた活性層、即ち、光学的特性の優れた活性層が得られる。

【0032】

【実施例】図6は、図1に示した原理的構成を光ガイド層を有する半導体レーザに適用した本発明の第1の実施例であり、n型InGaAs基板1a上にn型InGaAsバッファ層2、n型InGaPクラッド層3c、n型InGaAsP光ガイド層4c、ノン・ドープInGaAsP光ガイド層4d、GaAsスペーサ層5a、短周期超格子活性層6a、GaAsスペーサ層7a、ノン・ドープInGaAsP光ガイド層8d、及び、p型InGaAsP光ガイド層8c、p型InGaPクラッド層9cを順次堆積させたものである。

【0033】図6の第1の実施例においては、基板はInGaAsであるものの、GaAs基板を用いても良く、又、活性層としてInAs層とGaAs層とを交互に複数層堆積させた短周期超格子成長層を用いているが、InGaAs混晶を用いても良い。

【0034】図7は本発明の第2の実施例であり、InGaAs或いはGaAs基板1d上にAlGaAsクラッド層3d、n型InGaAsP光ガイド層4c、GaAsスペーサ層5a、InGaAs活性層6d、GaAsスペーサ層7a、p型InGaAsP光ガイド層8

c、及び、p型AlGaAsクラッド層9dを順次堆積させたものである。

【0035】図7の第2の実施例においては、活性層としてInGaAs混晶を用いているが、InAs層とGaAs層とを交互に複数層堆積させた短周期超格子成長層を用いても良い。

【0036】なお、上記第1及び第2の実施例においては、スペーサ層として最も好適なGaAs層を用いて説明しているが、活性層の成分であるInの拡散を防止するものであれば何でも良い。このGaAsスペーサ層がInの拡散を防止する理由は、相互拡散が同族原子間で生じることを考慮するならば、Inと同じIII族原子であるGaの原子半径がInより小さいため、延いては、InAsよりGaAsの方が格子定数が小さいためであるものと考えられる。

【0037】即ち、InがGaAsスペーサ層を通過するためには、今までGaの占めていた小さいIII族サイトを原子半径の大きなInが押し拡げる必要があり、そのために拡散に際しては格子歪分の過剰なエネルギーを必要とし、拡散が抑えられるものと考えられる。

【0038】従って、Inの拡散を防止するスペーサ層は、III族元素がGa、Al、或いは、Ga及びAlからなり、且つ、GaAs基板或いはIn_{0.05}Ga_{0.95}As基板と比べて格子定数が大きいか同じであるIII-V族化合物半導体であればなんでも良い。この場合、スペーサ層が極少量のInを含んでいても格別の問題はない。

【0039】さらに、上記第1及び第2の実施例においては図示していないが、本発明は、基板とは反対側のクラッド層上に電極のオーミック性を改善するキャップ層を設けた半導体レーザも包含するものである。

【0040】

【発明の効果】本発明によれば、禁制帯幅の大きなクラッド層を用いることにより温度特性を改善する際に、スペーサ層を挿入することにより活性層中のIn成分の拡散を防止し、結晶性の優れた均一な組成の活性層を得ることにより、発光効率が高く温度特性が優れた1μm帯の半導体レーザの実用化に大きく寄与するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理的構成を示すスペーサ層を有する光半導体素子の断面図である。

【図2】本発明の作用効果を確認するための比較参考試料の素子断面図である。

【図3】活性層の結晶面内格子定数の、基板の組成、バッファ層の存在、及び、スペーサ層の存在に対する依存性を表す相関図である。

【図4】フォトルミネッセンス強度の、活性層結晶面内格子定数依存性及びスペーサ層の存在依存性を表す相関図である。

【図5】フォトルミネッセンス強度の、基板組成依存性、及び、スペーサ層厚依存性を表す相関図である。

7

【図6】本発明の第1の実施例であるクラッド層にInGaP層を用いた1 μ m帯域の半導体レーザの断面図である。

【図7】本発明の第2の実施例であるクラッド層にAlGaAs層を用いた1 μ m帯域の半導体レーザの断面図である。

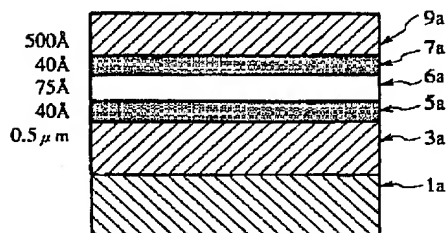
【図8】GaAs基板或いはInGaAs基板を用いた従来の1 μ m帯域の半導体レーザの断面図である。

【符号の説明】

- 1a In_{0.05}Ga_{0.95}As基板
- 1b GaAs基板
- 1d InGaAs (GaAs) 基板
- 2 n型InGaAsパッファ層
- 3a In_{0.05}Ga_{0.95}Asクラッド層
- 3b GaAsクラッド層

【図1】

本発明の原理的構成を示す光半導体素子の断面図



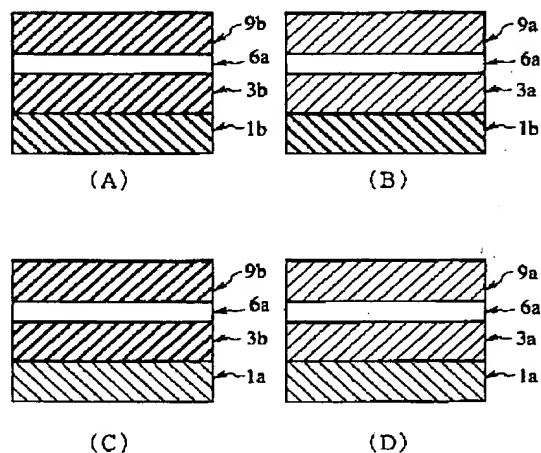
- 1a: In_{0.05}Ga_{0.95}As基板
- 3a: In_{0.05}Ga_{0.95}Asクラッド層
- 5a: GaAsスペーサ層
- 6a: 短周期超格子活性層
- 7a: GaAsスペーサ層
- 9a: In_{0.05}Ga_{0.95}Asクラッド層

8

- 3c n型InGaPクラッド層
- 3d n型AlGaAsクラッド層
- 4c n型InGaAsP光ガイド層
- 4d i型InGaAsP光ガイド層
- 5a GaAsスペーサ層
- 6a InAs/GaAs短周期超格子活性層
- 6d InGaAs活性層
- 7a GaAsスペーサ層
- 8c p型InGaAsP光ガイド層
- 8d i型InGaAsP光ガイド層
- 9a In_{0.05}Ga_{0.95}Asクラッド層
- 9b GaAsクラッド層
- 9c p型InGaPクラッド層
- 9d p型AlGaAsクラッド層

【図2】

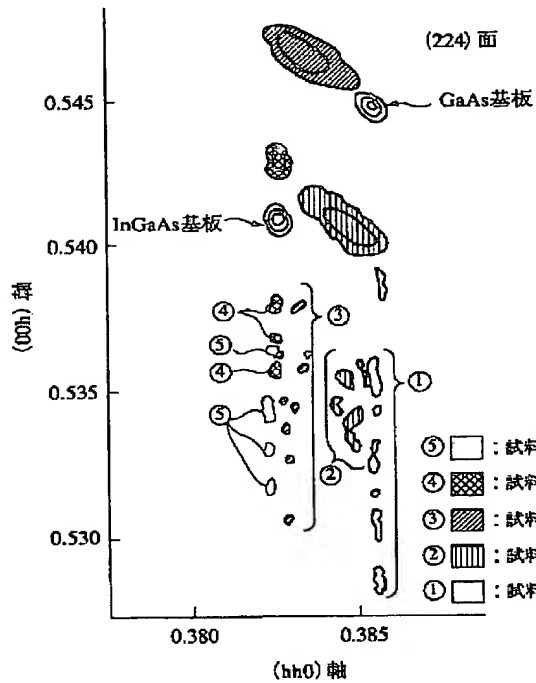
本発明の作用効果を確認するための比較参考素子の断面図



- 1a: In_{0.05}Ga_{0.95}As基板
- 3a: In_{0.05}Ga_{0.95}Asクラッド層
- 6a: 短周期超格子活性層
- 9a: In_{0.05}Ga_{0.95}Asクラッド層
- 1b: GaAs基板
- 3b: GaAsクラッド層
- 9b: GaAsクラッド層

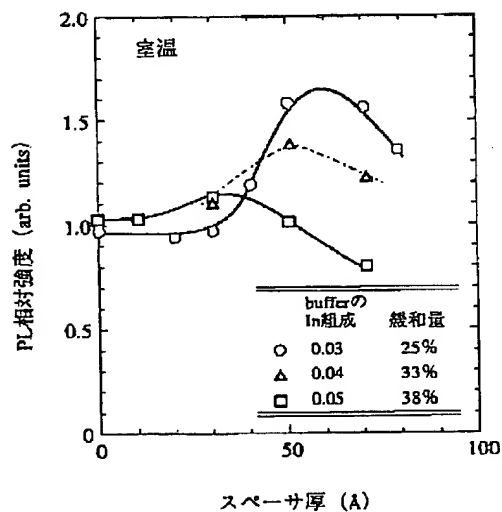
【図3】

活性層の結晶面内格子定数の、基板の組成、
バッファ層の存在、及び、スペーサ層の存在
に対する依存性を示す相関図



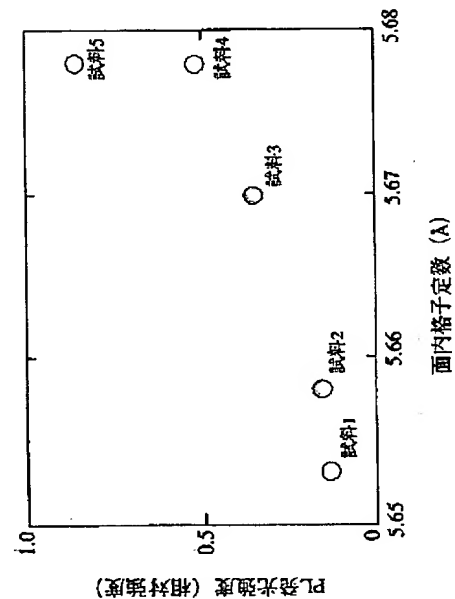
【図5】

フォトルミネッセンス強度の、基板組成依存性、
及び、スペーサ層厚の存在依存性を示す相関図



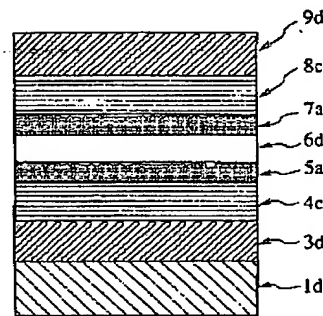
【図4】

フォトルミネッセンス強度の、活性層結晶内格子定数
依存性、及び、スペーサ層の存在依存性を示す相関図



【図7】

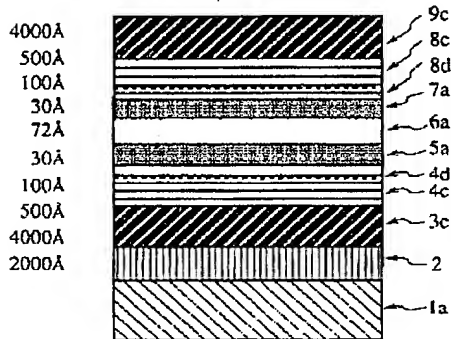
本発明の第2の実施例の半導体レーザの断面図



- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1d: InGaAs(GaAs) 基板 | 6d: InGaAs活性層 |
| 3d: n型AlGaAsクラッド層 | 7a: GaAsスペーサ層 |
| 4c: n型InGaAsP光ガイド層 | 8c: p型InGaAsP光ガイド層 |
| 5a: GaAsスペーサ層 | 9d: p型AlGaAsクラッド層 |

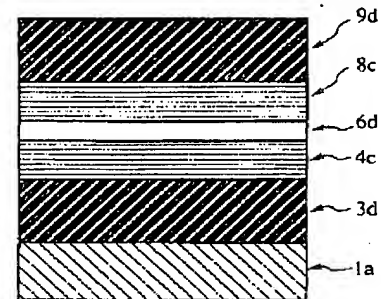
【図6】

本発明の第1の実施例の半導体レーザの断面図



- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1a: InGaAs基板 | 6a: 短周期超格子活性層 |
| 2: n型InGaAsバッファ層 | 7a: GaAsスペーサ層 |
| 3c: n型InGaPクラッド層 | 8d: i型InGaAsP光ガイド層 |
| 4c: n型InGaAsP光ガイド層 | 8c: p型InGaAsP光ガイド層 |
| 4d: i型InGaAsP光ガイド層 | 9c: p型InGaPクラッド層 |
| 5a: GaAsスペーサ層 | |

【図8】

従来の1 μ m帯域半導体レーザの素子断面図

- | |
|---------------------|
| 1d: InGaAs(GaAs) 基板 |
| 3d: n型AlGaAsクラッド層 |
| 4c: n型InGaAsP光ガイド層 |
| 6d: InGaAs活性層 |
| 8c: p型InGaAsP光ガイド層 |
| 9d: p型AlGaAsクラッド層 |

THIS PAGE BLANK (USPTO)